

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НОВЫХ ВЫСОКОАЗОТИСТЫХ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Меркушкин Е.А., Мордвинова А.А.

Руководитель – доц., д.т.н. Березовская В.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

bvv@mtf.ustu.ru

В последние годы значительно увеличился объем производства высокоазотистых легированных сталей. Поскольку азот обладает сильной способностью стабилизировать аустенит, легирование азотом позволяет уменьшить в нержавеющей сталях содержание аустенитообразующих элементов: никеля и марганца в 1,5...2 раза, либо вообще исключить эти элементы из состава стали. Одно из основных преимуществ этих сталей по сравнению с традиционными сталями-аналогами – их более высокая прочность и коррозионная стойкость. Это позволяет уменьшить рабочие сечения деталей машин, сократив материалоемкость конструкций, и увеличить их срок службы.

В работе исследовали три марки коррозионно-стойких азотистых сталей 3X15AM, 06X18AG19M2 и 07X16AG13M3. Стали были выплавлены методом двойного переплава с электрошлаковым переплавом под давлением азота. Химический состав сталей приведен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав исследованных сталей

№	Марка стали	Содержание элементов, масс. %												
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	N	V	Ti	Cu
(1)	3X15AM	0,31	0,57	0,44	0,014	0,002	15,35	0,96	0,18	0,008	0,37	0,04	0,003	0,07
(2)	06X18AG19M2	0,06	0,65	19,13	0,018	0,001	17,51	2,20	0,13	0,008	0,81	0,08	0,002	0,03
(3)	07X16AG13M3	0,07	0,71	12,76	0,015	0,007	16,16	3,24	0,11	–	0,82	0,05	–	–

В работе проводили:

– стандартные механические испытания на сервогидравлической испытательной машине Instron 8801 с автоматическим видеозкстензометром AVE, поддерживаемым пакетом программы BlueHill 2 и фрактографические исследования образцов после механических испытаний на электронном микроскопе VEGA LM компании Tescan;

- коррозионные испытания с использованием электрохимической лаборатории VoltaLab 10;
- исследования фазового состава и микроструктуры сталей;

По результатам рентгеноструктурного фазового анализа сталь 30X15AM (1) в исходном горячекатаном при 1200...1050 °С состоянии состояла из 88 % мартенсита и 12 % остаточного аустенита, а также карбида $Me_{23}C_6$, вероятно, легированный азотом. Закалка стали от 1050 °С (1 час) в воде привела к получению в структуре 100 % мартенсита. В сталях 2 и 3 как прокатка, так и последующая закалка обеспечили в структуре 100 % аустенита. Структура стали показана на рис. 1: наиболее мелкое зерно 30 мкм наблюдалось у стали (1), у стали (3) размер зерна составил 120 мкм. Наиболее крупное зерно 150...180 мкм было получено у стали (2). В стали (1) мартенсит образуется в основном вблизи границ зёрен двойников, поскольку эти участки структуры наиболее обеднены легирующими элементами, мартенситная точка, соответствующая такому химическому составу, оказалась выше, и при закалке образовался мартенсит. В структуре аустенита присутствуют двойники отжига.

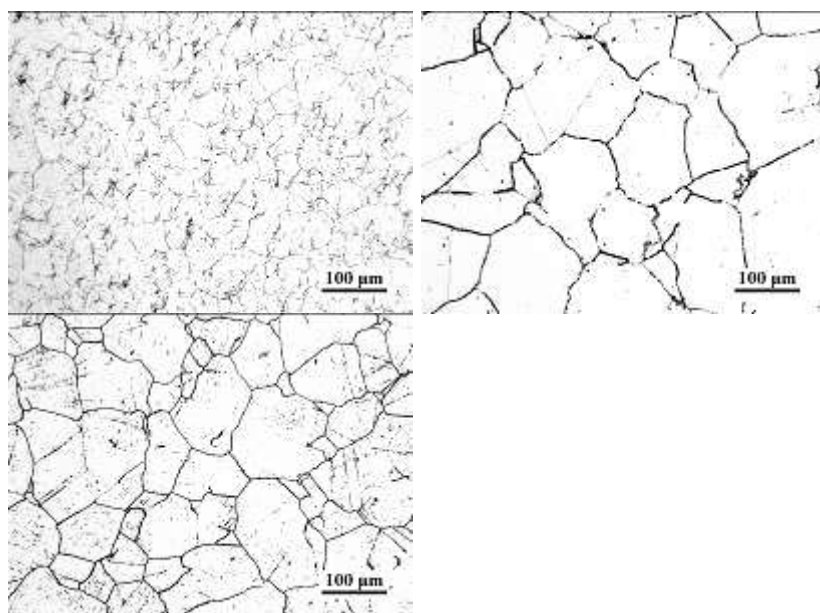


Рисунок 1. Микроструктура исследованных сталей: а – (1); б – (2); в – (3)

Проведённая при 1100...950 °С горячая ковка, а также ковка с последующей закалкой от 1050 °С привели к получению в структуре стали (1) 30 %, в стали (3) 100 % мартенсита, в то время как сталь (2) по-прежнему состояла из 100 % аустенита.

Результаты механических испытаний приведены в табл. 2.

Наибольшую пластичность во всех исследованных состояниях показала сталь 2 с высоким содержанием марганца, имеющая также

высокие для аустенитного класса прочностные свойства. Наиболее прочной оказалась сталь (3), значение $\sigma_{0,2}$ и σ_B которой превосходят подобные значения для стали (1) примерно в три раза, а для стали (2) – в два раза. Кроме того, небольшой эффект упрочнения при низкотемпературном старении (300 °С) отмечался в аустенитной стали 2, в то время как в стали 3 распад мартенсита сопровождался снижением прочности и повышением пластичности.

Таблица 2. Влияние режима термообработки на механические свойства сталей

№	Марка стали	Режим ТО	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 , %
(1)	30X15AM	Горячая ковка (ГК) при 1100...970 °С	500	670	3,6
		ГК + Закалка (З) от 1050 °С, вода	320	720	1,5
(2)	06X18AG19 М2	ГК	800	1080	31,8
		ГК + З от 1050 °С, вода	610	1035	42,3
		ГК + З + отпуск (С) при 300 °С	680	1060	45,6
		ГК + З + С при 500 °С	670	1060	42,5
(3)	07X16AG13 М3	ГК	1540	2050	2,9
		ГК + З от 1050 °С, вода	1430	1820	5,0
		ГК + З + О при 300 °С	1360	1610	2,8
		ГК + З + О при 500 °С	1220	1405	4,4

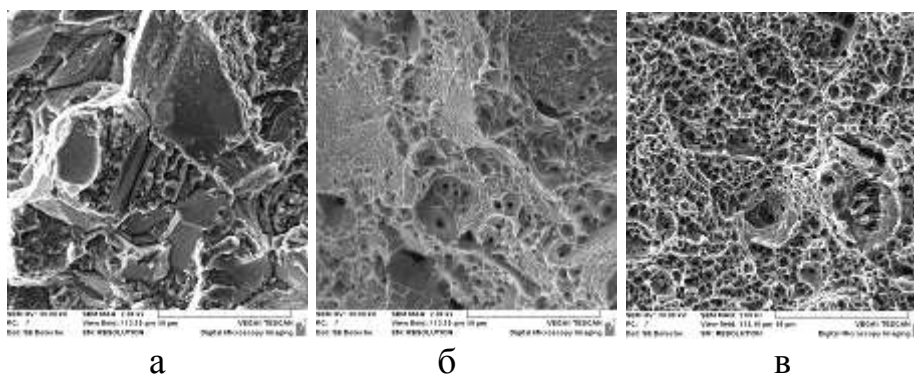


Рисунок 2. Фрактограммы образцов из сталей: а – (1); б – (2); в – (3)

По результатам фрактографических исследований в закаленном состоянии наибольшую вязкость показала сталь (2) (рис. 2), разрушавшаяся вязко при всех исследованных режимах термообработки и содержащая большее количество марганца по сравнению со сталью (3).

Обобщенные результаты электрохимических исследований приведены в табл. 3.

Таблица 2. Параметры электрохимической коррозии

Сталь/ Термообработка	$\varphi_{\text{перепассивации}}$ мВ	$i_{\text{пассивации}}$, мВ	$\varphi_{\text{питтингообразования}}$, мВ	$\varphi_{\text{репассивации}}$, мВ
Горячая ковка				
30X15AM	430	0	60	-90
06X18AG19M2	830	0	1300	1300
07X16AG13M3	-380	0	-320	-570
Закалка				
30X15AM	410	0	200	-30
06X18AG19M2	820	0	1300	1300
07X16AG13M3	110	0	-540	-570
ГК + 3 + Старение (300°C)				
30X15AM	-	-	-	-
06X18AG19M2	>1000	0	1300	1300
07X16AG13M3	-300	0	-320	-570
ГК + 3 + Старение (500°C)				
30X15AM	-	-	-	-
06X18AG19M2	880	0	1300	1300
07X16AG13M3	-180	0	-320	-570

По результатам электрохимических исследований установлено, что питтингоустойчивость исследуемых сталей в основном зависит от их химического состава, в то время как кривые анодной поляризации отражают изменение прошедшее в структуре по действием термической обработки.